



高等教育“十二五”规划教材

# 大学数学实验教程

(第2版)

DAXUE SHUXUE SHIYAN JIAOCHENG  
(DI 2 BAN)

成丽波 蔡志丹 周蕊 王姝娜 主编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等教育“十二五”规划教材

# 大学数学实验教程

(第2版)

主编 成丽波 蔡志丹  
周蕊 王姝娜

0245  
JF-2

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 提 要

本书首先介绍了数学软件 MATLAB 的基本使用方法, 随后精心设计了利用该软件在数据处理、矩阵分析、微积分、概率论与数理统计等方面的具体实验内容, 着重培养学生自主探索研究数学问题和解决数学问题的能力。全书通俗易懂, 每章都配备一定的实验任务用以提高学生的自主实验能力, 只需具备一定的数学基础即可自学。

本书适用于高等学校的数学实验教材, 既可单独讲授, 也可作为高等数学、线性代数、概率统计相关课程的辅助教材。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

大学数学实验教程/成丽波等主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9954 - 1

I. ①大… II. ①成… III. ①高等数学 - 实验 - 高等学校 - 教材  
IV. ①O13 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 273522 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 10.25

字 数 / 178 千字

版 次 / 2015 年 1 月第 2 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 22.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 王美丽

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



# 前 言

本书主要针对高等学校理工科、经管各专业开设数学实验课所编写的教材，以介绍 MATLAB 软件在数学教学中的应用为主要内容，充分结合理工科各专业特点，将现代数学方法与多个领域应用案例紧密结合，着重培养学生的数学建模能力和应用计算机工具解决问题的能力。编写教材时，力求结构紧凑、严谨，语言简洁、易懂，向学生提供一本体系简洁、易读、实用的数学实验教材。

数学实验课程是一种新的教学模式，是大学数学课程的重要组成部分。它将数学知识、数学建模与计算机应用三者融为一体，通过数学实验课程，学生自己动手计算体验解决实际问题的全过程，了解数学软件的使用。它的指导思想：首先是为了进一步提高学生“用数学”能力的一项数学教改试验。数学教学中两种能力——“算数学”（计算、推导、证明等）与“用数学”（实际问题建模及模型结果的分析、检验、应用）的培养应该并重。其次是充分利用计算机技术提供的有利条件，加强学生自己动手和独立思考的能力。计算机强大的运算、图形功能和方便的数学软件，使学生可以自由地选择算法和软件，在屏幕上通过数值的、几何的观察、联想、类比，去发现线索，探讨规律。最后是激发学生进一步学好数学的兴趣，促成数学教学的良性循环。让学生用喜欢“玩”的计算机解决简化的实际问题，亲身感受“用数学”的酸甜苦辣，“做然后知不足”。

全书共分为 6 章：第 1 章 MATLAB 软件的初步知识，第 2 章 MATLAB 数据处理及矩阵分析，第 3 章 利用 MATLAB 绘制函数图形，第 4 章 微积分实验，第 5 章 概率论与数理统计实验，第 6 章 MATLAB 应用实例；每章均安排了一定的实验任务。通过这些内容的学习，使学生深入理解高等数学、线性代数和概率统计课程中的基本概念和基本理论，熟练地使用

MATLAB 软件, 运用所学知识建立数学模型, 培养学生使用计算机解决实际问题的能力。

本书第1、2章由蔡志丹编写, 第3章由周蕊编写, 第4、5章由王姝娜编写, 第6章由成丽波编写。成丽波负责全书的统稿和定稿工作。

由于编者水平有限, 难免有错误和不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编 者



# 目 录

第 1 章 MATLAB 软件的初步知识 .....	1
1.1 MATLAB 概述 .....	1
1.1.1 MATLAB 的发展 .....	1
1.1.2 MATLAB 的常用命令 .....	2
1.2 MATLAB 的操作界面简介 .....	5
1.3 命令窗口操作 .....	6
1.3.1 命令窗口简介 .....	6
1.3.2 命令窗口使用 .....	7
1.4 M 文件 .....	9
1.5 help 帮助系统 .....	11
1.6 本章小结 .....	12
1.7 习题 .....	12
第 2 章 MATLAB 数据处理及矩阵分析 .....	13
2.1 MATLAB 数据的特点 .....	13
2.2 变量及其操作 .....	13
2.3 矩阵的表示 .....	15
2.3.1 数值矩阵的生成 .....	15
2.3.2 符号矩阵的生成 .....	17
2.3.3 大矩阵的生成 .....	18
2.3.4 多维数组的创建 .....	19
2.3.5 特殊矩阵的生成 .....	20
2.4 矩阵运算 .....	22
2.4.1 加、减运算 .....	22

2.4.2	乘法	23
2.4.3	除法运算	25
2.4.4	矩阵乘方	26
2.4.5	矩阵函数	26
2.4.6	矩阵转置	30
2.4.7	矩阵的行列式	31
2.4.8	矩阵的逆	31
2.4.9	矩阵的迹	31
2.4.10	矩阵的秩	32
2.4.11	矩阵元素个数的确定	32
2.4.12	特殊运算	33
2.4.13	符号矩阵运算	35
2.5	秩与线性相关性	38
2.5.1	向量组的秩以及向量组的线性相关性	38
2.5.2	求行阶梯矩阵及向量组的极大无关组	39
2.6	线性方程组的求解	40
2.6.1	求线性方程组的唯一解或特解	41
2.6.2	求齐次线性方程组的通解	46
2.6.3	求非齐次线性方程组的通解	48
2.7	特征值与二次型	50
2.7.1	特征值与特征向量的求法	50
2.7.2	正交基	52
2.7.3	二次型	53
2.8	本章小结	54
2.9	习题	54
<b>第 3 章</b>	<b>利用 MATLAB 绘制函数图形</b>	<b>55</b>
3.1	二维图形	55
3.1.1	单窗口曲线绘图	55
3.1.2	单窗口多曲线分图绘图	58
3.1.3	符号函数画图	59

3.1.4 特殊平面图形 .....	63
3.2 三维图形 .....	68
3.2.1 三维曲线图形 .....	68
3.2.2 三维曲面图形 .....	70
3.3 图形处理 .....	74
3.4 本章小结 .....	79
3.5 习题 .....	79
<b>第4章 微积分实验</b> .....	<b>81</b>
4.1 极限 .....	81
4.1.1 一元函数的极限 .....	81
4.1.2 多元函数的极限 .....	82
4.2 导数 .....	83
4.2.1 一元函数的导数和高阶导数 .....	83
4.2.2 多元函数的偏导数 .....	86
4.2.3 梯度的计算 .....	87
4.3 积分 .....	88
4.3.1 不定积分和定积分 .....	88
4.3.2 重积分 .....	90
4.3.3 曲线积分与曲面积分的计算 .....	92
4.4 级数 .....	95
4.4.1 级数求和 .....	95
4.4.2 泰勒级数展开 .....	98
4.4.3 Fourier 级数展开 .....	100
4.5 微分方程 .....	106
4.6 本章小结 .....	109
4.7 习题 .....	109
<b>第5章 概率论与数理统计实验</b> .....	<b>113</b>
5.1 概率分布与随机数的生成 .....	113
5.1.1 概率分布 .....	113
5.1.2 随机数的生成 .....	121



5.2	基本统计量计算	123
5.3	参数估计	124
5.4	假设检验	127
5.4.1	单个正态总体均值的假设检验	127
5.4.2	两个正态总体均值差的检验	129
5.4.3	中值检验	130
5.5	方差分析	131
5.5.1	单因素方差分析	131
5.5.2	双因素方差分析	133
5.6	回归分析	135
5.7	本章小结	137
5.8	习题	137
<b>第6章</b>	<b>MATLAB 应用实例</b>	<b>140</b>
6.1	灰色预测的 MATLAB 实现	140
6.1.1	灰色预测的 MATLAB 程序	140
6.1.2	GM(1, 1) 模型的精度检验	142
6.1.3	灰色预测应用案例	144
6.2	线性规划问题的 MATLAB 求解	147
6.2.1	线性规划问题模型	147
6.2.2	线性规划的 MATLAB 解法	147
6.2.3	线性规划问题实例	149
6.3	本章小结	152
6.4	习题	152
<b>参考文献</b>		<b>156</b>

# 第 1 章

## MATLAB 软件的初步知识

### 1.1 MATLAB 概述

#### 1.1.1 MATLAB 的发展

MATLAB 名字由 MATrix 和 LABoratory 两词的前三个字母组合而成, 即矩阵实验室的意思. 是源于 20 世纪 70 年代时任美国新墨西哥大学计算机科学系的 Cleve Moler 教授为学生设计的、用 FORTRAN 编写的、调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口.

1984 年由 Jack Little、Cleve Moler、Steve Bangert 合作, 成立了 MathWorks 公司, 并把 MATLAB 正式推向市场. MATLAB 的内核也改用 C 语言编写, 而且除原有的数值计算能力外, 还新增了数据图视功能.

20 世纪 90 年代, MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件. 相对于另外三种常用的数学软件 Mathematica、Maple、Mathcad, MATLAB 的数值计算能力最为强大. MathWorks 公司于 1993 年推出了基于 Windows 平台的 MATLAB 4.0. 4. X 版在继承和发展其原有的数值计算和图形可视能力的同时, 出现了以下几个重要变化:

(1) 推出了 SIMULINK, 一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境.

(2) 推出了符号计算工具包.

(3) 新推了 Notebook.

MathWorks 公司瞄准应用范围最广的 Word, 运用 DDE 和 OLE, 实现了 MATLAB 与 Word 的无缝链接, 从而为专业科技工作者创造了融科学计算、图形可视、文字处理于一体的高水准环境. 从 1997 年的 5.0 版起, 后历经 5.1、5.2、5.3、6.0、6.1 等多个版本的不断改进, MATLAB “面向对象”的特点愈加突出, 数据类型愈加丰富, 操作界面愈加友善.

2004 年 7 月, 推出 MATLAB 7, 2013 年 3 月推出 MATLAB 8.1 版本,

MathWorks 公司实现了技术层面上的飞跃. MATLAB 大家庭有许多成员, 包括应用程序开发工具、工具箱、数据存取工具、学生产品、状态流图、模块集、代码生成工具等.

## 1.1.2 MATLAB 的常用命令

### 1. MATLAB 的变量

变量名的第一个字符必须是英文字母, 最多包含 31 个字符 (包括英文字母、数字和下划线), 变量中不得包含空格和标点符号, 不得包含加减号. 变量名和函数区分字母的大小写, 如 `matrix` 和 `Matrix` 表示两个不同的变量. 还要防止它与系统的预定义变量名 (如 `i`, `j`, `pi`, `eps` 等)、函数名 (如 `who`, `length` 等)、保留字 (如 `for`, `if`, `while`, `end` 等) 冲突. 变量赋值用 “=” (赋值号).

有一些变量永久驻留在工作内存中, 不能再重新赋值, 这些变量如表 1-1 所示.

表 1-1 变量名的特殊规则

特殊变量 (常量)	含 义
<code>ans</code>	计算结果的默认变量名
<code>pi</code>	圆周率
<code>Inf</code> 或者 <code>inf</code>	无穷大 (如 $2/0$ )
<code>eps</code>	计算机的最小数 (与 1 相加, 产生大于 1 的数)
<code>flops</code>	浮点运算次数
<code>NaN</code> 或者 <code>nan</code>	不定量 (如 $0/0$ )
<code>i</code> (或 <code>j</code> )	虚数单位
<code>nargin</code>	所有函数的输入变量数目
<code>nargout</code>	所有函数的输出变量数目
<code>realmin</code>	最小可用正实数
<code>realmax</code>	最大可用正实数

### 2. 常用函数

常用函数如表 1-2 所示.

表 1-2 常用函数

函数名	含 义	函数名	含 义
<code>sin()</code>	正弦(变量为弧度)	<code>cot()</code>	余切(变量为弧度)
<code>sind()</code>	正弦(变量为度数)	<code>cotd()</code>	余切(变量为度数)

续表

函数名	含 义	函数名	含 义
asin()	反正弦(返回弧度)	acot()	反余切(返回弧度)
asind()	反正弦(返回度数)	acotd()	反余切(返回度数)
cos()	余弦(变量为弧度)	exp()	以 e 为底数的指数函数
cosd()	余弦(变量为度数)	log()	自然对数
acos()	反余弦(返回弧度)	log2()	以 2 为底的对数
acosd()	反余弦(返回度数)	log10()	以 10 为底的对数
tan()	正切(变量为弧度)	sqrt()	开方
tand()	正切(变量为度数)	realsqrt()	返回非负根
atan()	反正切(返回弧度)	abs()	取绝对值
atand()	反正切(返回度数)	angle()	返回复数的辐角主值
sum()	向量元素求和	mod(x,y)	返回 x/y 的余数

### 3. 表达式和运算符

表达式由变量名、运算符和函数名组成。运算符有算术运算符、关系运算符和逻辑运算符三种。

MATLAB 算术运算符分为两类：矩阵运算和数组运算。矩阵运算按线性代数的规则进行运算，而数组运算则是数组对应元素间的运算，见表 1-3。

表 1-3 算术运算符

运算符	运算方式	说明	运算符	运算方式	说明
+, -	矩阵运算	加、减	+, -	数组运算	加、减
*, /	矩阵运算	乘、除	.*	数组运算	数组乘
\	矩阵运算	左除, 左边为除数	./	数组运算	数组右除
^	矩阵运算	乘方	.\	数组运算	数组左除
'	矩阵运算	转置	.^	数组运算	数组乘方
:	矩阵运算	索引, 用于增量操作	.'	数组运算	数组转置

关系运算符用于比较两个数的大小，见表 1-4。

表 1-4 关系运算符

运算符	<	>	==	<=	>=	~=
说明	小于	大于	等于	小于或等于	大于或等于	不等于

逻辑运算符用于判断对象或对象之间的某种逻辑关系, 见表 1-5.

表 1-5 逻辑运算符

运算符	&		~	xor	&&	
说明	与	或	非	异或	先决与	先决或

按照优先级别, 各种运算符有下面的先后次序.

- ◆ 圆括号 ( ).
- ◆ 转置类 (矩阵转置 .', 共轭转置 ', 幂次 .^, 矩阵幂次 ^).
- ◆ 一元的加、减 ( +, - ) 和逻辑否 ( ~ ).
- ◆ 乘除类 (点乘 .\* , 矩阵乘 \* , 元素左右除 ./ , \ , 矩阵左右除 \ , / ).
- ◆ 加减 ( +, - ).
- ◆ 冒号操作符 (:).
- ◆ 等于类 ( < , <= , > , >= , == , ~= ).
- ◆ 逻辑与 (&).
- ◆ 逻辑或 (|).
- ◆ 先决与 (&&).
- ◆ 先决或 (||).

#### 4. 复数

MATLAB 中复数可用多种方式表示. 例如:

```
>> a1 = 1 + 3i      %附加的 i 表示虚数
a1 =
    1.0000 + 3.0000i
>> a2 = 3 - 4j      %附加的 j 表示虚数
a2 =
    3.0000 - 4.0000i
>> a3 = 2 * sqrt(-1) %用 MATLAB 默认值 i = j = sqrt(-1) 来表示虚数
a3 =
    0 + 2.0000i
```

复数的运算可以写成与实数相同的形式. 特别地, 有关复数的函数见表 1-6.

表 1-6 复数函数

函数名	abs ( )	real ( )	imag ( )	angle ( )	conj ( )
含义	复数的模	复数实部	复数虚部	辐角主值	复数共轭

例如：

```
>>a4=1+log(5)*i    % * 不能去掉,否则会报错
a4 =
    1.0000 + 1.6094i
>>real(a4)    %取实部
ans =
    1
>>fj=angle(a4)    %输出弧度
fj =
    1.0148
```

### 5. 注释

MATLAB 中用“%”实现注释功能，利用这一特性可以对所做工作进行文档注释。如果想在新的—行进行注释，必须先输入%，否则会报错。

我们可以把多条命令放在同一行，只需在中间用逗号或者分号隔开。例如：

```
>>banana=10;apple=20,total=banana+apple % 观察
    逗号与分号的不同
apple =
    20
total =
    30
```

逗号告诉 MATLAB 要显示结果，分号说明除这一条命令外还有下一条命令等待输入，MATLAB 这时不会显示中间的结果。

## 1.2 MATLAB 的操作界面简介

图 1-1 是操作界面的缺省外貌，呈现给我们的常用界面分别是：命令窗口（Command Window）、当前目录（Current Directory）浏览器、MATLAB 工作内存空间（Workspace）浏览器、历史指令（Command History）窗口。

我们也可根据需要自行选择所需界面，可通过 Desktop 菜单中相关选项进行设置。恢复缺省界面的方式为：

选择命令窗口的菜单命令 Desktop→Desktop Layout→Default.

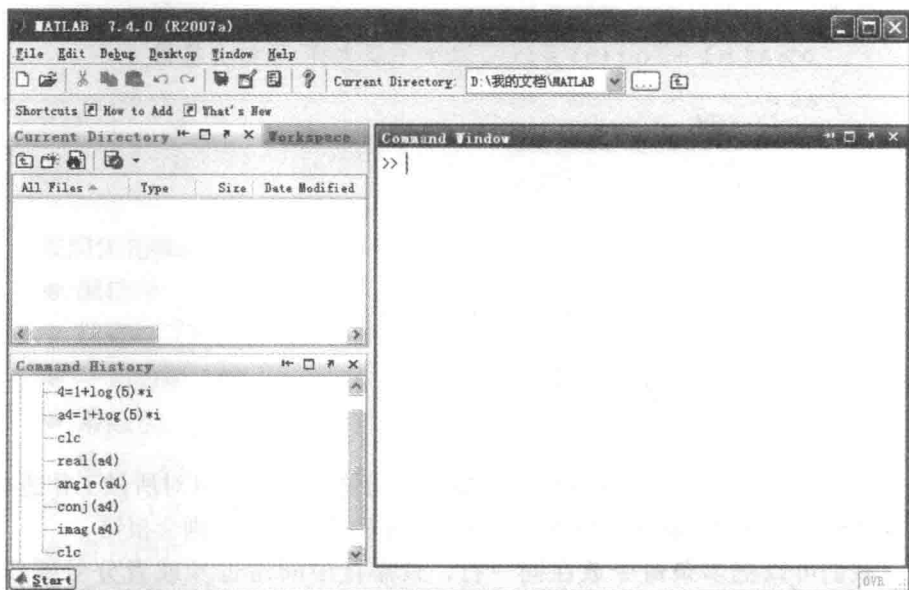


图 1-1 操作界面缺省外貌

## 1.3 命令窗口操作

### 1.3.1 命令窗口简介

命令窗口 (Command Window) 位于 MATLAB 操作桌面的右方, 用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果, 是 MATLAB 的主要交互窗口。


命令窗口可以从 MATLAB 操作桌面中分离出来, 以方便单独显示和操作, 也可以重新返回操作桌面中, 其他窗口也有相同的操作。分离命令窗口的操作有三种方式:

(1) 可选中命令窗口, 再选择菜单命令 Desktop→Unlock Command Window。

(2) 单击窗口右上角的  按钮。

(3) 使用鼠标将命令窗口拖离操作桌面。

分离的命令窗口如图 1-2 所示。

如将命令窗口返回操作桌面, 可选择命令窗口的菜单命令 Desktop→Dock Command Window, 或单击窗口右上角的  按钮。

在 MATLAB 命令窗口中可以看到有一个 “>>”, 该符号为命令提示符,

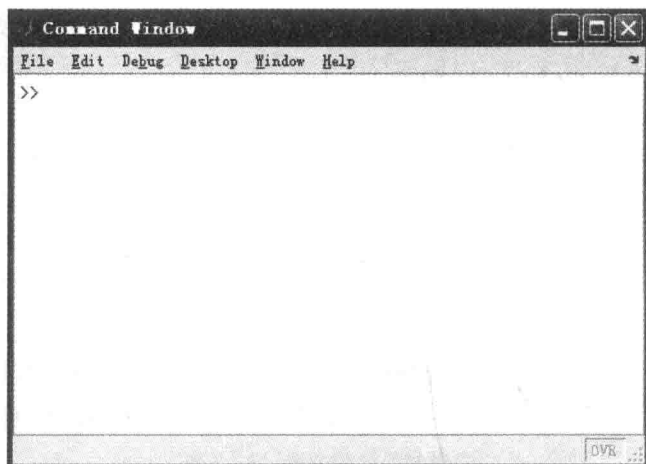


图 1-2 分离的命令窗口

表示 MATLAB 正在处于准备状态。

在命令提示符后输入命令并按回车键后，MATLAB 就会解释执行所输入的命令，并在命令后面给出计算结果。在命令窗口里输入命令的时候，可以不必每输入一条命令就按回车键（Enter）执行，可以将几个语句一起运行，想要换行时可以先按住【Shift】键再按【Enter】键即可。

### 1.3.2 命令窗口使用

一般来说，一个命令行输入一条命令，命令行以按回车键结束。但一个命令行也可以输入若干条命令，各命令之间以逗号或分号分隔。例如：

```
>>a=1;b=2;c=a+b
```

```
c=
```

```
3
```

```
>>a=1,b=2,c=a+b
```

```
a=
```

```
1
```

```
b=
```

```
2
```

```
c=
```

```
3
```

以上两个例子都是在一个命令行输入 3 条命令，不同的是两条命令之间的分隔符不同，一个是逗号，一个是分号。可以看出，一条命令后如果带一个分号，则该命令执行结果不显示。



又如:

```
>> A = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
A =
     1     2     3     4     5     6
>> B = [1, 2, 3; 4, 5, 6]
B =
     1     2     3
     4     5     6
```

比较输入数组 **A** 和 **B**, 可以看出在输入数组的时候, 分号有换行的作用. 在 MATLAB 中, 同一个符号在不同的命令中有不同的作用, 后面的章节会有详细介绍.

有时候会碰到这样的情况, 一个命令行很长, 一个物理行之内写不下, 可以在第一个物理行之后加上 3 个小黑点 (...) 并按回车键, 然后接着下一个物理行继续写命令的其他部分. “...” 称为续行符, 即把下面的物理行看作该行的逻辑继续. 例如:

```
>> t1 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + ... %按回车键后继续输入
10 + 11 + 12 + 13 + 14 %按回车键则显示结果
t1 =
    105
```

在使用续行符的时候, 经常会遇到命令不能被正确执行, 并出现红色字体的提示. 例如:

```
>> t1 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 ...
+ 10 + 11 + 12 + 13 + 14
??? t1 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 ...
Error: Unexpected MATLAB operator.
```

这表示 MATLAB 表达式有书写错误. 多次实验发现, 在使用续行符的时候, 数值的后面如果带续行符, 需要先输入一个空格符, 再输入续行符, 就不会出现上面的提示, 而变量或者数学运算符后面带续行符的时候, 不需要输入一个空格符.

在使用 MATLAB 时, 有时候需要输入字符串, 例如:

```
>> S1 = 'hello world'
S1 =
hello world
```

可以看到, 'hello world' 是以淡紫色字体显示. 另外, 在编程中使用一些